

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-237588

(43)Date of publication of application : 04.10.1988

(51)Int.Cl.

H01S 3/08  
H01S 3/098

(21)Application number : 62-070493

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 26.03.1987

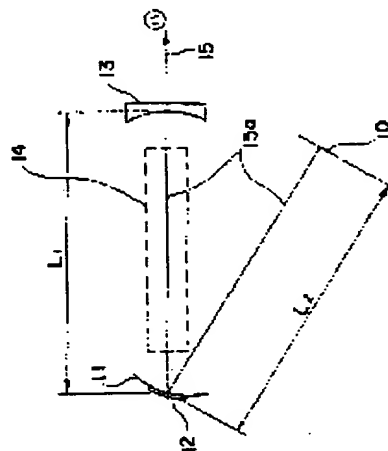
(72)Inventor : YAGI SHIGENORI  
YASUI KIMIHARU

## (54) LASER RESONATOR

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To output a pulse laser beam whose beam diameter is varied very little during an oscillation period and whose mode is excellent by a method wherein an intermediate mirror is provided between a total reflection mirror and a partial reflection mirror and the curvature of the intermediate mirror is varied.

**CONSTITUTION:** A total reflection mirror 10 and a partial reflection mirror 13 are provided on the same side of the reflecting surface of an intermediate mirror 11 so as to facilitate resonance of a laser beam 15a in a discharge tube. In this arrangement, if the curvature (or focal length) of the intermediate mirror 11 (or an intermediate lens) provided between the total reflection mirror 10 and the partial reflection mirror 13 is periodically varied between non-oscillation and oscillation, a laser pulse output can be obtained. With this constitution, a pulse laser with a stable beam mode can be obtained easily.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-237588

⑬ Int.Cl.\*

H 01 S 3/08  
3/098

識別記号

庁内整理番号

7630-5F  
7630-5F

⑭ 公開 昭和63年(1988)10月4日

審査請求 未請求 発明の数 2 (全5頁)

⑮ 発明の名称 レーザ共振器

⑯ 特 願 昭62-70493

⑰ 出 願 昭62(1987)3月26日

⑱ 発 明 者 八 木 重 典 兵庫県尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機株式会社  
応用機器研究所内

⑲ 発 明 者 安 井 公 治 兵庫県尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機株式会社  
応用機器研究所内

⑳ 出 願 人 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号

㉑ 代 理 人 弁理士 佐々木 宗治 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

レーザ共振器

2. 特許請求の範囲

(1) 全反射ミラーレーザ光を出力する部分反射ミラー及び前記全反射ミラーと部分反射ミラーの間に置かれた曲率半径が変化する中間ミラーを備えたレーザ共振器。

(2) 中間ミラーの曲率半径  $R_H$  が

$$R_H = 2 \frac{L_2 (R_1 - L_1)}{R_1 - L_1 - L_2}$$

(ただし、全反射ミラー、中間ミラーの各曲率半径を  $R_1$ 、 $R_H$ 、全反射ミラーと中間ミラーの距離を  $L_2$ 、全反射ミラーと全反射ミラーの距離を  $L_1$  とする) である特許請求の範囲第1項記載のレーザ共振器。

(3) 中間ミラーの背面に曲率変化素子としてビエソ素子を設けた特許請求の範囲第1項または第2項記載のレーザ共振器。

(4) 全反射ミラー、部分反射ミラー、中間ミラー

の全面にアパーチャを設けた特許請求の範囲第1項乃至第3項のいずれかに記載のレーザ共振器。

(5) 全反射ミラー、レーザ光を出力する部分反射ミラー及び前記全反射ミラーと部分反射ミラーの間に置かれ、焦点距離が変化する中間レンズを備えたレーザ共振器。

(6) 中間レンズ焦点距離  $f_H$  が

$$f_H = \frac{L_2 (R_1 - R_2)}{R_1 - L_1 - L_2}$$

(ただし全反射ミラー、部分反射ミラーの各曲率半径を  $R_1$ 、 $R_2$ 、全反射ミラーと中間レンズの距離を  $L_2$ 、中間レンズと全反射ミラーの距離を  $L_1$  とする) である特許請求の範囲第5項記載のレーザ共振器。

(7) 全反射ミラー、部分反射ミラー又は中間レンズの前面にアパーチャを設けた特許請求の範囲第5項または第6項記載のレーザ共振器。

3. 発明の詳細な説明

## 〔産業上の利用分野〕

本発明は、パルスレーザー光を出力するレーザー共振器に関する。

## 〔従来の技術〕

第6図は例えば、「レーザー研究」第14巻(1986年8月)第671頁～第676頁の「可変曲率ミラー共振器によるCO<sub>2</sub>レーザーのパルス化法」(杉浦昌巳他著)に開示されたレーザーパルス光を出力する従来のレーザー共振器の一例を示す構成図である。図において、(1)はレーザー共振器の放電管であり、本例における放電管(1)は、内径10mm、肉厚1mm、長さ1mのバイレックスガラスよりなる水冷二重管方式である。この放電管(1)内に①方向からCO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub>:He=1:2:7の混合ガスを管内気圧が22Torr、流量が毎分370cm<sup>3</sup>になるように流しておいて、さらに電極間隙に50Hzの全波整流非平滑の波高値5.2kVを印加し、電流20mAを流して有効長900mmのグロー放電を発生させる。このようにすると、径が5mmでCW出力5Wを得た。

なお、(2)は波長10.6μmにおける反射率が70

%であるレーザー光を出力するZnSe平面の部分反射ミラー、(3)はユニモルフ素子によって曲率可変の全反射ミラーである。この曲率可変の全反射ミラー(3)は、直径20mm、厚さ0.2mmのチタン酸ジルコン酸鉛PZT-5の円形の片面に銀電極を蒸着し、裏面に直径27mm厚さ0.3mmの真鍮円板を中心を合わせて圧着したもので、真鍮円板の表面を研削してミラーとしたものである。いまPZTに交流電圧を印加すると径方向に振動し、直径がわずかに伸縮する。これに電極を接合するとこの振動はたわみ振動になるので、曲率可変の全反射ミラー(3)として使用できる。ユニモルフ素子はTDKのUN27BP38A2、共振周波数は3.8±0.1kHzである。なお(4)は冷却水の入口部、(5)は真空ポンプの吸引部である。

第7図は第6図の原理的説明図である。(6)は曲率可変の全反射ミラー(3)の曲率を変化させる曲率変化素子、(7)は②方向に照射されるレーザー光、(8)はレーザー媒質、Lは全反射ミラー(3)と部分反射ミラー(2)の間隔を示している。なお、

R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>はそれぞれ全反射ミラー(3)及び部分反射ミラー(2)の曲率半径である。

次に動作について説明する。レーザー共振器内で共振し、レーザー媒質(8)に蓄えられたエネルギーは、全反射ミラー(3)と部分反射ミラー(2)で構成されたレーザー共振器が発振可能状態になると、レーザー光(7)となってレーザー共振器の外部口方向にとり出される。このため発振不可能な $\frac{1}{R_1} \leq 0$

(凸面または平面)の状態と、発振可能な

$0 < \frac{1}{R_1} < \frac{1}{L}$ の状態との間で全反射ミラー(3)の

曲率半径R<sub>1</sub>を振動させて変化させると、発振不可能な状態から発振可能な状態に移行したときにパルスのレーザー光が射出される。このレーザー光のパルス幅は約10μsであり、ピーク出力は連続的な発振の場合に比べ最高約30倍となる。

第8図はたとえばL=1.8mで、R<sub>2</sub>=∞mの場合に、1/R<sub>1</sub>の変化とTEM<sub>00</sub>ビームのモード半径w(全反射ミラー(3)の場合のTEM<sub>00</sub>ビ

ームのモード半径wをw<sub>1</sub>、部分反射ミラー(2)の場合のTEM<sub>00</sub>ビームのモード半径wをw<sub>2</sub>とする)との関係を示した線図である。

〔発明が解決しようとする問題点〕

上記のように構成された従来のレーザー共振器によれば、全反射ミラー(3)の曲率半径R<sub>1</sub>を平面(1/R<sub>1</sub>=0)を中心に振ると、発振ビームのTEM<sub>00</sub>モードのビーム半径w<sub>1</sub>、w<sub>2</sub>が発振の期間に大きく変化し、このためモードが不安定となる。また発振ビームのポインティング(方向性)に対する安定性を確保するにはw<5mmの条件が必要であるが、この場合は曲率半径R<sub>1</sub>の曲率の変化を大きくしなければならず、曲率変化の手段に実用的なものが得にくいという問題があった。

本発明上記のような問題点を解決するためになされたもので、発振期間のビーム径変化が少なくモードの良好なパルスレーザービームを出力できるレーザー共振器を得ることを目的とする。

〔問題点を解決するための手段〕

本発明は上記の目的を達成するためになされた

もので、全反射ミラーと部分反射ミラーの中間に中間ミラー（または中間レンズ）を配置し、この中間ミラー（または中間レンズの）曲率を変化させるようにしたレーザ共振器を提供するものである。

#### 〔作用〕

全反射ミラーと部分反射ミラーの中間におかれた中間ミラー（または中間レンズ）の曲率（または焦点距離）を、非発振と発振の間で周期的に変化させパルスレーザ光を出力する。

#### 〔実施例〕

第1図は本発明の実施例を示す原理的説明図である。(10)は平面形状の全反射ミラー、(11)は曲率可変の凹面ミラーよりなる中間ミラー、(12)は中間ミラー(11)の背面に設けられ、中間ミラー(11)の曲率を変化させるピエゾ素子のような曲率変化素子、(13)はレーザ光を出力する凹面形状の部分反射ミラーである。本実施例では、全反射ミラー(10)と部分反射ミラー(13)は、中間ミラー(11)の反射面の同一側で放電管内のレーザ光

(15a)が放電管内で共振できる位置に配置されている。また(14)はレーザ媒質、(15)は⊙方向に照射されるレーザ光である。 $L_1$ は曲率可変の中間ミラー(11)と部分反射ミラー(13)との間隔、 $L_2$ は中間ミラー(11)と全反射ミラー(10)との間隔である。なお中間ミラー(11)の曲率半径は $R_H$ で、中間ミラー(11)は曲率変化素子(12)により、

$$R_{H0} = 2 \frac{L_2 (R_1 - L_1)}{R_1 - L_1 - L_2} \dots \dots [1]$$

の付近で曲率が増加するようになっている。

上記のように構成した本発明のレーザ共振器によれば、曲率半径が $R_H \leq R_{H0}$ のときは非発振となり、 $R_H > R_{H0}$ のときは発振となる。すなわち、曲率半径を $R_{H0}$ の近くで周期的に変化させることによってレーザのパルス出力を得ることができる。

第2図は $1/R_H$ の変化に対するTEM<sub>00</sub>モードのビーム半径 $w$ (TR:(1)における半径を $w_1$ 、PR:(2)における半径を $w_2$ 、MR:(5)における半径を $w_H$ とする)の関係を計算した結果を示す線図である。第2図の関係を算出

る計算では、 $L_1 = L_2 = 1.8 \text{ m}$ 、 $R_1 = \infty \text{ m}$ 、 $R_2 = 20 \text{ m}$ とした。第2図は曲率のわずかな変化

(たとえば $\frac{1}{R_H} = 0.25 \text{ m}^{-1}$ から $\frac{1}{R_H} = 0.24 \text{ m}^{-1}$

への変化)でも非発振域から発振域へ変化し、かつ、発振域においては、非発振域との境界の極く狭い範囲を除けば $w_2$ と $w_H$ の変化は小さい、即ち出力されるビームのモードの変化は小さいことを示している。さらにこの場合、非発振域から発振域へ移行するとき、 $w_1$ の変化は大きくなり、 $w_2$ と $w_H$ の変化は小さくなる。

第3図は本発明の他の実施例を示す原理的説明図である。本実施例では、 $w_1$ のほぼ3倍の開口直径(6mm)を有するアパーチャ(20)、 $w_2$ のほぼ3倍の開口直径(12mm)を有するアパーチャ(21)及び $w_H$ のほぼ3倍の開口直径を有するアパーチャ(23)をそれぞれ全反射ミラー(10)、部分反射ミラー(13)、中間ミラー(11)の前面に設けたものである。従って発振域でも $1/R_H = 0.24 \text{ m}^{-1}$ より大であればアパーチャ(21)、(23)における共

振器損失が大となり、 $1/R_H = 0.24 \text{ m}^{-1}$ より小であればアパーチャ(20)における共振器損失が大となる。従ってたとえば $1/R_H = 0.24 \text{ m}^{-1}$ の位置で最も効率よくレーザエネルギーを放出することになる。即ち、出力されるビームのモード変化が極めて小さいパルス発振が可能となる。第3図では(22)で示した破線が模式的に示したそのときのビームのモードである。

第4図は本発明に係るミラー曲率半径装置の一例を示す要部拡大断面図である。本発明においては中間ミラー(11)の曲率半径を変化させる範囲が小さくても良好なパルス発振が可能であるから、曲率変化素子は実用的なもので構成できる。すなわち、ピエゾ(圧電)素子によって曲率変化素子(12)を作り、この曲率半径素子(12)をホルダ(30)に収納する。曲率変化素子(12)に対し電圧(31)で周期的に変動する電圧を供給すると、曲率変化素子(12)による背圧を受けて中間ミラー(11)の曲率半径が増減しレーザ共振器の状態が発振域から発振域へ周期的に変化する。

上記第1図、第2図の説明では部分反射ミラー(13)を凹面、反射ミラー(10)を平面とし、 $L_1 = L_2$ としたが、本発明はこれに限定するものではなく、上記以外のレーザ共振器構成であっても、式[1]の関係を満たす付近で中間ミラーの曲率を変化する構造であればいかなるものであってもよい。さらに光学的には凹面鏡は凸レンズに置換可能であることを考えれば、本発明は第5図に示すように全反射ミラー(10)と部分反射ミラー(13)の間に焦点距離可変の凸レンズよりなる中間レンズ(40)を設けたレーザ共振器であってもよい。この場合中間レンズ(40)の焦点距離 $f_M$ は、

$$f_M = \frac{L_2 (R_1 - R_2)}{R_1 - L_1 - L_2} \quad \dots [2]$$

となる。

こゝで $f_M = \frac{R_1}{2}$ とおけば、[2]式は[1]式と同一の式となる。

〔発明の効果〕

以上の説明から明らかなように、本発明によれ

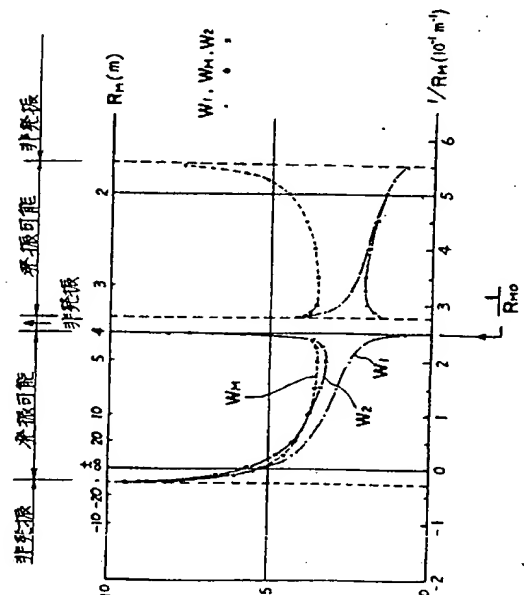
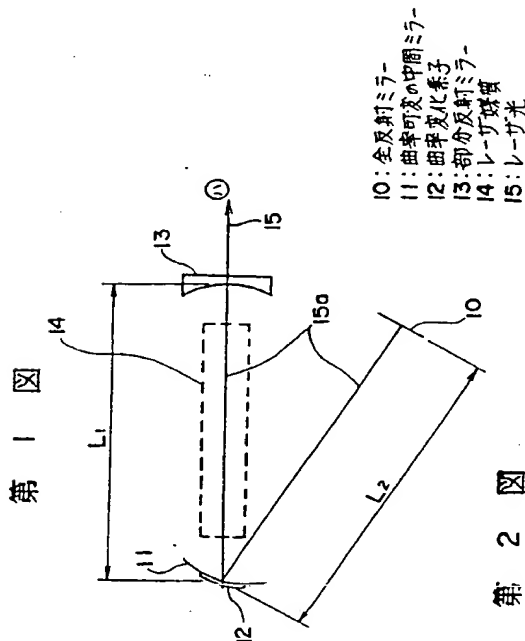
ば、全反射ミラー(10)と部分反射ミラー(13)の間に曲率可変のミラー(もしくはレンズ)を設け、その曲率を周期的に変化させるようにしたので、ビームモードが安定なパルスレーザを容易に得ることができるという顕著な効果がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

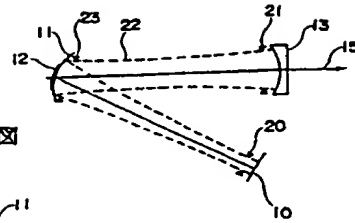
第1図は本発明の実施例を示す原理的説明図、第2図は本発明実施例の作用を説明する線図、第3図は本発明の他の実施例を示す原理的説明図、第4図は本発明の実施例を示す要部拡大断面図、第5図は本発明の別の実施例を示す原理的説明図、第6図は従来のレーザ共振器の一例を示す構成図、第7図は第6図の原理的説明図、第8図は従来のレーザ共振器の作用の一例を示す線図である。

(10)…全反射ミラー、(11)…曲率可変の中間ミラー、(12)…曲率変化素子、(13)…部分反射ミラー、(14)…レーザ媒質、(15)…レーザ光、(40)…焦点距離可変の中間レンズ。

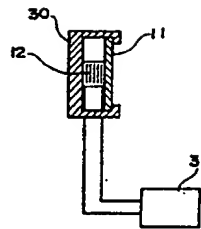
なお、各図中、同一符号は同一又は相当部分を示すものとする。



第 3 図



第 4 図



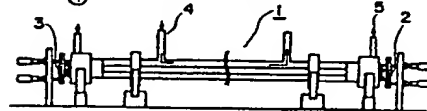
20 21 22: アバッチャ

第 5 図

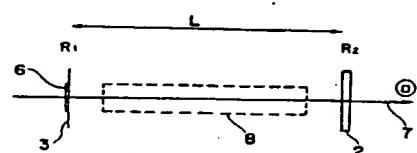
40: 焦点距離可変の中間レンズ



第 6 図



第 7 図



第 8 図

非発振 発振可能

非発振

